

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

25. 6. 2004

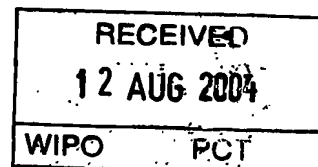
別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日
Date of Application: 2003年 6月26日

出願番号
Application Number: 特願2003-182041
[ST. 10/C]: [JP 2003-182041]

出願人
Applicant(s): キヤノン株式会社



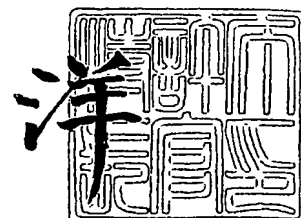
BEST AVAILABLE COPY

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

2004年 7月29日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

小川



【書類名】 特許願

【整理番号】 255135

【提出日】 平成15年 6月26日

【あて先】 特許庁長官 太田 信一郎 殿

【国際特許分類】 H01L 21/027
G03F 7/20
G03F 1/14

【発明の名称】 近接場露光マスク、近接場露光マスクの作製方法、および近接場露光方法

【請求項の数】 15

【発明者】
【住所又は居所】 東京都大田区下丸子 3 丁目 3 0 番 2 号
キヤノン株式会社内

【氏名】 山口 貴子

【発明者】
【住所又は居所】 東京都大田区下丸子 3 丁目 3 0 番 2 号
キヤノン株式会社内

【氏名】 稲生 耕久

【特許出願人】
【識別番号】 000001007

【氏名又は名称】 キヤノン株式会社

【代表者】 御手洗 富士夫

【代理人】
【識別番号】 100105289

【弁理士】
【氏名又は名称】 長尾 達也

【手数料の表示】
【予納台帳番号】 038379

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9703875

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 近接場露光マスク、近接場露光マスクの作製方法、および近接場露光方法

【特許請求の範囲】

【請求項1】 開口が設けられた遮光部材を有するマスクと被露光物とを、近接場領域以下の距離まで近づけ、近接場光により露光を行う際に用いる近接場露光マスクであって、

前記マスクが、所望する露光パターンのピッチ、線幅、高さから決定された、前記近接場光が出射される開口近傍での電場分布と近似する電場分布を得ることができる開口幅を有することを特徴とする近接場露光マスク。

【請求項2】 前記ピッチの値が、前記露光に用いる露光光の波長、前記マスクの遮光部材の誘電率、該遮光部材周囲の物質の誘電率、等から決定される表面プラズモンポラリトン波の波長以下とされていることを特徴とする請求項1に記載の近接場露光マスク。

【請求項3】 前記マスクの開口幅の最大値を D_{max} とし、前記ピッチを P 、前記線幅を W 、前記高さを T とするとき、下記の式を満たすようにして決定された最大値 D_{max} の開口幅を有することを特徴とする請求項1または請求項2に記載の近接場露光マスク。

$$D_{max} = P - W - 2T$$

【請求項4】 前記マスクの露光後プロセスの余裕度 α を考慮した開口幅を D とし、前記ピッチを P 、前記線幅を W 、前記高さを T とするとき、下記の式を満たすようにして決定された開口幅 D を有することを特徴とする請求項1または請求項2に記載の近接場露光マスク。

$$D = P - W - 2T (1 + \alpha)$$

【請求項5】 開口が設けられた遮光部材を有するマスクと像形成層とを、近接場領域以下の距離まで近づけ、近接場光により露光を行う際に用いる近接場露光マスクの作製方法であって、

前記マスクを作製するに際し、前記像形成層に形成される所望のパターンのピッチ、線幅、高さから、前記近接場光が出射される開口近傍での電場分布と近似

する電場分布を得ることが可能となる開口幅を決定し、マスクを作製することを特徴とする近接場露光マスクの作製方法。

【請求項 6】前記ピッチの値が、前記露光に用いる露光光の波長、前記マスクの遮光部材の誘電率、該遮光部材周囲の物質の誘電率、等から決定される表面プラズモンポラリトン波の波長以下であることを特徴とする請求項 5 に記載の近接場露光マスクの作製方法。

【請求項 7】前記マスクの開口幅の最大値を D_{max} とし、前記ピッチを P 、前記線幅を W 、前記高さを T とするとき、下記の式を満たすようにして決定した最大値 D_{max} の開口幅を有するマスクを作製することを特徴とする請求項 5 または請求項 6 に記載の近接場露光マスクの作製方法。

$$D_{max} = P - W - 2T$$

【請求項 8】前記マスクの露光後プロセスの余裕度 α を考慮した開口幅を D とし、前記ピッチを P 、前記線幅を W 、前記高さを T とするとき、下記の式を満たすようにして決定した開口幅 D を有するマスクを作製することを特徴とする請求項 5 または請求項 6 に記載の近接場露光マスクの作製方法。

$$D = P - W - 2T (1 + \alpha)$$

【請求項 9】開口が設けられた遮光部材を有する近接場露光マスクを用い、像形成層に対して近接場光により露光を行う近接場露光方法において、

前記近接場露光マスクの開口幅を、所望する露光パターンのピッチ、線幅、高さから、前記近接場光が出射される開口近傍での電場分布と近似する電場分布を得ることが可能となる開口幅に決定する工程と、

前記近接場露光マスクと像形成層とを、近接場領域以下の距離まで近づける工程と、

前記像形成層を感光する波長の光を前記近接場露光マスクに入射することにより、該像形成層を露光する露光工程と、

前記露光された該像形成層を現像する現像工程と、
を有することを特徴とする近接場露光方法。

【請求項 10】前記ピッチの値が、前記露光に用いる露光光の波長、前記マスクの遮光部材の誘電率、該遮光部材周囲の物質の誘電率、等から決定される表

面プラズモンポラリトン波の波長以下であることを特徴とする請求項 9 に記載の近接場露光方法。

【請求項 11】 前記マスクの開口幅の最大値を D_{max} とし、前記ピッチを P 、前記線幅を W 、前記高さを T とするとき、下記の式を満たすようにして決定された最大値 D_{max} の開口幅のマスクを用いて露光を行うことを特徴とする請求項 9 または請求項 10 に記載の近接場露光方法。

$$D_{max} = P - W - 2T$$

【請求項 12】 前記マスクの露光後プロセスの余裕度 α を考慮した開口幅を D とし、前記ピッチを P 、前記線幅を W 、前記高さを T とするとき、下記の式を満たすようにして決定された開口幅 D のマスクを用いて露光を行うことを特徴とする請求項 9 または請求項 10 に記載の近接場露光方法。

$$D = P - W - 2T (1 + \alpha)$$

【請求項 13】 前記露光工程における露光量と、前記現像工程における現像条件とを調整して、下記の式を満たす線幅 W' とパターン高さ T' のパターンを形成し、露光を行うことを特徴とする請求項 11 に記載の近接場露光方法。

$$W' + 2T' \leq P - D$$

【請求項 14】 ピッチ P 、開口幅 D のパターンを像形成層に形成する近接場露光マスクを用い、像形成層に対して近接場光により露光を行う近接場露光方法であって、

前記近接場露光マスクと像形成層とを、近接場領域以下の距離まで近づける工程と、

前記像形成層を感光する波長の光を前記近接場露光マスクに入射することにより、該像形成材料を露光する露光工程と、

前記露光された該像形成層を現像する現像工程と、を有し、

該露光工程における露光量と、該現像工程における現像条件を調整して、下記の式を満たす線幅 W とパターン高さ T のパターンを形成し、露光を行うことを特徴とする近接場露光方法。

$$W + 2T \leq P - D$$

【請求項 15】 前記像形成層のパターンの高さ T の最小値が、パターン形成

後のプロセスにより T'' と規定された場合、下記の式を満たす線幅 W のパターンを形成し、露光を行うことを特徴とする請求項 14 に記載の近接場露光方法。

$$W \leq P - D - 2T''$$

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、微細パターン作製を可能にする近接場露光技術において、近接場露光マスク、近接場露光マスクの作製方法、および近接場露光方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

半導体メモリの大容量化や CPU プロセッサの高速化・大集積化の進展とともに、光リソグラフィーのさらなる微細化は必要不可欠のものとなっている。一般に光リソグラフィー装置における微細加工限界は、用いる光の波長程度である。このため、光リソグラフィー装置に用いる光の短波長化が進み、現在は近紫外線レーザが用いられ、 $0.1\mu\text{m}$ 程度の微細加工が可能となっている。

このように微細化が進む光リソグラフィーであるが、 $0.1\mu\text{m}$ 以下の微細加工を行うためには、レーザのさらなる短波長化、その波長域でのレンズ開発等解決しなければならない課題も多い。

【0003】

一方、光による $0.1\mu\text{m}$ 以下の微細加工を可能にする手段として、近接場光学顕微鏡（以下 SNOM と略す）の構成を用いた微細加工装置が提案されている。例えば、 100nm 以下の大きさの微小開口から滲み出るエバネッセント光を用いてレジストに対し、光波長限界を越える局所的な露光を行う装置である。

しかしながら、これらの SNOM 構成のリソグラフィー装置では、いずれも 1 本（または数本）の加工プローブで一書きのように微細加工を行っていく構成であるため、あまりスループットが向上しないという問題点を有していた。

【0004】

このような問題を解決する方法として、例えば、特許文献 1 に示されているよ

うな、近接場が遮光膜間から滲み出るようなパターンを有したフォトマスクを、基板上のフォトレジストに密着させて露光し、フォトマスク上の微細パターンを一度にフォトレジストに転写する、という方法が提案されている。

また、特許文献2あるいは特許文献3等において、このような近接場光は、微小開口からの距離に対して指数関数的に強度が減衰するという特徴を有し、このことから近接場露光によるパターン形成層の膜厚を薄くしなくてはならないといったことが開示されている。

【0005】

【特許文献1】特開平11-145051号公報

【特許文献2】特開平11-317345号公報

【特許文献3】特開2001-15427号公報

【0006】

【発明が解決しようとする課題】

ここで、マスク開口部近傍の近接場電場分布を、シミュレーションを用いて調べた結果を、図2に示す。この図2には、ピッチ200nm、マスクの開口幅が70nmの近接場露光マスクに対して、波長436nmの光を入射することによって開口近傍に形成される電場分布の様子が示されている。これによる電場分布を見ると、開口から遮光膜部に広がりが見られる。このことは、近接場露光において、マスクの開口パターンと、露光によるパターンが1:1に対応しない可能性があることを示唆している。

この図2に示されるように、マスク開口部から遠ざかるにつれて電場強度が減衰し、さらに、マスク面に平行な方向に広がりをもつ電場分布を有する特徴は、近接場特有のものである。

【0007】

一般的に、露光用マスクの作製には非常に時間がかかり、費用もかかる。近接場露光によるマスクパターン作製においては、特にこの電場分布を考慮したマスクの設計を行うことが必要である。

一方、作製したいパターン幅が細くなるにつれ、マスク設計において、この広がりを、より厳密に考慮する必要がある。

しかしながら、種々のパターンのピッチや線幅から、それらに合う電場分布を有するマスク開口幅を、様々なパラメータに渡って複雑なシミュレーションにより求めていると、シミュレーションや解析に時間がかかることとなり、結果的にマスク設計に多くの時間を要するという問題が生じる。

【0008】

そこで、本発明は、上記課題を解決し、複雑で、長時間を要するシミュレーションを行うことなく、近接場特有の電場分布が考慮されたマスク構成が容易に作製可能となる近接場露光マスク、近接場露光マスクの作製方法、および近接場露光方法を提供することを目的としている。

【0009】

【課題を解決するための手段】

本発明は、以下のように構成した近接場露光マスク、近接場露光マスクの作製方法、および近接場露光方法を提供する。

(1) 開口が設けられた遮光部材を有するマスクと被露光物とを、近接場領域以下の距離まで近づけ、近接場光により露光を行う際に用いる近接場露光マスクであって、

前記マスクが、所望する露光パターンのピッチ、線幅、高さから決定された、前記近接場光が出射される開口近傍での電場分布と近似する電場分布を得ることができる開口幅を有することを特徴とする近接場露光マスク。

(2) 前記ピッチの値が、前記露光に用いる露光光の波長、前記マスクの遮光部材の誘電率、該遮光部材周囲の物質の誘電率、等から決定される表面プラズモンポラリトン波の波長以下とされていることを特徴とする上記(1)に記載の近接場露光マスク。

(3) 前記マスクの開口幅の最大値を D_{max} とし、前記ピッチを P 、前記線幅を W 、前記高さを T とするとき、下記の式を満たすようにして決定された最大値 D_{max} の開口幅を有することを特徴とする上記(1)または上記(2)に記載の近接場露光マスク。

$$D_{max} = P - W - 2T$$

(4) 前記マスクの露光後プロセスの余裕度 α を考慮した開口幅を D とし、前記

ピッチを P 、前記線幅を W 、前記高さを T とするとき、下記の式を満たすようにして決定された開口幅 D を有することを特徴とする上記 (1) または上記 (2) に記載の近接場露光マスク。

$$D = P - W - 2T (1 + \alpha)$$

(5) 開口が設けられた遮光部材を有するマスクと像形成層とを、近接場領域以下の距離まで近づけ、近接場光により露光を行う際に用いる近接場露光マスクの作製方法であって、

前記マスクを作製するに際し、前記像形成層に形成される所望のパターンのピッチ、線幅、高さから、前記近接場光が出射される開口近傍での電場分布と近似する電場分布を得ることが可能となる開口幅を決定し、マスクを作製することを特徴とする近接場露光マスクの作製方法。

(6) 前記ピッチの値が、前記露光に用いる露光光の波長、前記マスクの遮光部材の誘電率、該遮光部材周囲の物質の誘電率、等から決定される表面プラズモンポラリトン波の波長以下であることを特徴とする上記 (5) に記載の近接場露光マスクの作製方法。

(7) 前記マスクの開口幅の最大値を D_{max} とし、前記ピッチを P 、前記線幅を W 、前記高さを T とするとき、下記の式を満たすようにして決定した最大値 D_{max} の開口幅を有するマスクを作製することを特徴とする上記 (5) または上記 (6) に記載の近接場露光マスクの作製方法。

$$D_{max} = P - W - 2T$$

(8) 前記マスクの露光後プロセスの余裕度 α を考慮した開口幅を D とし、前記ピッチを P 、前記線幅を W 、前記高さを T とするとき、下記の式を満たすようにして決定した開口幅 D を有するマスクを作製することを特徴とする上記 (5) または上記 (6) に記載の近接場露光マスクの作製方法。

$$D = P - W - 2T (1 + \alpha)$$

(9) 開口が設けられた遮光部材を有する近接場露光マスクを用い、像形成層に対して近接場光により露光を行う近接場露光方法において、

前記近接場露光マスクの開口幅を、所望する露光パターンのピッチ、線幅、高さから、前記近接場光が出射される開口近傍での電場分布と近似する電場分布を

得ることが可能となる開口幅に決定する工程と、

前記近接場露光マスクと像形成層とを、近接場領域以下の距離まで近づける工程と、

前記像形成層を感光する波長の光を前記近接場露光マスクに入射することにより、該像形成層を露光する露光工程と、

前記露光された該像形成層を現像する現像工程と、

を有することを特徴とする近接場露光方法。

(10) 前記ピッチの値が、前記露光に用いる露光光の波長、前記マスクの遮光部材の誘電率、該遮光部材周囲の物質の誘電率、等から決定される表面プラズモンポラリトン波の波長以下であることを特徴とする上記(9)に記載の近接場露光方法。

(11) 前記マスクの開口幅の最大値を D_{max} とし、前記ピッチを P 、前記線幅を W 、前記高さを T とするとき、下記の式を満たすようにして決定された最大値 D_{max} の開口幅のマスクを用いて露光を行うことを特徴とする上記(9)または上記(10)に記載の近接場露光方法。

$$D_{max} = P - W - 2T$$

(12) 前記マスクの露光後プロセスの余裕度 α を考慮した開口幅を D とし、前記ピッチを P 、前記線幅を W 、前記高さを T とするとき、下記の式を満たすようにして決定された開口幅 D のマスクを用いて露光を行うことを特徴とする上記(9)または上記(10)に記載の近接場露光方法。

$$D = P - W - 2T (1 + \alpha)$$

(13) 前記露光工程における露光量と、前記現像工程における現像条件とを調整して、下記の式を満たす線幅 W' とパターン高さ T' のパターンを形成し、露光を行うことを特徴とする上記(11)に記載の近接場露光方法。

$$W' + 2T' \leq P - D$$

(14) ピッチ P 、開口幅 D のパターンを像形成層に形成する近接場露光マスクを用い、像形成層に対して近接場光により露光を行う近接場露光方法であって、

前記近接場露光マスクと像形成層とを、近接場領域以下の距離まで近づける工程と、

前記像形成層を感光する波長の光を前記近接場露光マスクに入射することにより、該像形成材料を露光する露光工程と、

前記露光された該像形成層を現像する現像工程と、を有し、

該露光工程における露光量と、該現像工程における現像条件を調整して、下記の式を満たす線幅Wとパターン高さTのパターンを形成し、露光を行うことを特徴とする近接場露光方法。

$$W + 2T \leq P - D$$

(15) 前記像形成層のパターンの高さTの最小値が、パターン形成後のプロセスによりT'と規定された場合、下記の式を満たす線幅Wのパターンを形成し、露光を行うことを特徴とする上記(14)に記載の近接場露光方法。

$$W \leq P - D - 2T'$$

【0010】

【発明の実施の形態】

以上の構成により、様々なパラメータにおいて詳細で長時間を要するシミュレーションを行わずに、近接場特有の電場分布を考慮して設計された近接場露光マスク、近接場露光マスクの作製方法、および近接場露光方法を提供することが可能となるが、それは、本発明者らのつぎのような知見に基づくものである。

すなわち、近接場特有の広がりを考慮したマスク設計において、シミュレーションを行った結果、近接場光が出射されるマスクの開口近傍での電場分布が、ほぼ同心円状の広がりをもった電場分布となることが明らかとなり、また、このような電場分布を同心円状のモデルによって、近似させ得ることが見出された。そして、この同心円状モデルを用いることによって、そのピッチP、パターン幅W、パターンの高さTから、どのような構成の近接場露光マスクを用意すべきかが、シミュレーションを行うことなく、数式により容易に求められることが明らかとなった。

【0011】

つぎに、これらについて、さらに詳細に説明する。

図2に、微小開口近傍に形成される近接場電場分布の様子を示す。これはGMT (Generalized Multipole Technique) のブ

プログラムであるMaxwell (C. Hafner, Maxwell, A Visual Electromagnetics Platform, Wiley, Chichester, UK, 1998) を用いてシミュレーションを行った結果である。GMTとはMaxwell方程式の解析法の一つで、multipole (多極子) を仮想的源泉として配置して散乱波を記述する手法である。マスク母材102としてSiNを、遮光膜101としてCrを設定した。また、微小開口パターンのピッチを200nm、開口幅を70nmとした。更に入射波長は436nmとした。

図2中の数字(0.2、0.4、0.6、…、1.0、1.2、…)は、入射光の電場強度を1.0としたときの相対的な電場強度を示している。

【0012】

図2には、微小開口から遠ざかるにつれて強度が指数関数的に減少していくという、近接場特有の電場分布が表れている。さらに、詳細にこの分布を解析すると、微小開口の遮光膜のエッジ部分で電場強度が最大値をとり、そこからほぼ同心円状に広がるように減衰していくことも分かった。他のピッチ、開口幅での近接場マスクに対する電場分布のシミュレーション結果でも、特に微小開口パターンのピッチが表面プラズモンポラリトン波長以下で、遮光膜材料が他の材料Au、Taの時に、同様の結果が得られることがわかった。

【0013】

そこで、この分布をモデル化してみる。図3に、モデル化した近接場分布(図3右側)と図2のシミュレーション結果(図3左側)を合わせたものを示す。図3において、一部(右側レジスト部分)見易さのために図2で示した等電場線を消去した。

図3より、同心円モデル600によって、特に遮光膜エッジ部分近傍と、エッジ部分から遮光膜下の部分601における分布が非常によく近似されていることが分かる。つまりシミュレーション結果における膜厚方向(図3紙面下方向)への広がり距離と、マスク面に平行な方向(図3紙面左右方向)への広がり距離が同程度となる特徴が、同心円モデル600にて良く表されている。

【0014】

逆に、このモデルにおいて、遮光膜エッジ部分近傍とエッジ部分から遮光膜下の部分以外、つまり、露光による作製パターンに関係するところでは開口下の部分となるが、ここでは、電場分布はあまり良く近似されていない。特に開口幅が広くなるにつれ、同心円モデルから外れた電場強度分布となる。しかし、シミュレーション結果より、開口幅が広くなるにつれ、開口下の電場強度が増す傾向が見られるので、開口下の部分は常に露光されたとする。実際の実験においても開口下の部分はシミュレーション通りの結果が得られている。

【0015】

このモデルを用いることにより、ピッチP、パターン幅Wとなるパターン作製のために、どのような構成の近接場露光マスクを用意すべきかが、様々なパラメータに互る複雑で大量のシミュレーションとその結果の解析なしに簡単に求められる。以下にその方法について述べる。

像形成層に形成されるパターンは、像形成層の種類が決まれば、露光量と現像条件によって決まる。従って、上記モデルのような同心円状の広がりをもった電場分布となる場合には、そのパターン幅は露光量と現像条件を選択することにより自由度が出てくる。

【0016】

まず、ピッチがPということから、マスク微小開口のピッチもPとする。次に、パターン幅Wのものを作製するためには、上述した同心円モデルより、マスク開口幅の最大値Dmaxと、像形成層膜厚Tとの間に次式(1)の関係が成り立たなくてはならない。

$$D_{\max} = P - W - 2 \times T \quad (1)$$

ここで、Tは後のプロセスによって決定される像形成層401のパターン高さである。

【0017】

図1に(1)式中の値の関係図を示す。これを用いて、(1)式を更に詳細に説明する。

まず、加工対象基板402の所望の加工深さが加工可能な像形成層401のパターン高さTを、例えばエッチング耐性などのプロセス条件より決定する。この高

さTのパターンを作製するためには、図1中太線で示したところの等電場線800よりも外側の等電場線にて現像後のパターンが作製されるようにする必要がある。

【0018】

遮光膜101下における電場分布は上述のように、同心円モデル600にて良く近似される。図1より、遮光膜101のエッジ部分からの広がり、膜厚方向（図1紙面下方向）に対しても、マスク面に平行方向（図1紙面左右方向）に対してもほぼ一様であるので、等電場線800か、または等電場線800よりも外側の等電場線のいずれかにて現像後のパターンが作製されるようにすると、遮光膜101のエッジ部分から、マスク面に平行な方向にも距離T以上広がった現像パターンが形成できることとなる。

この遮光膜101エッジ部分からの広がり現象は、遮光膜101の反対側のエッジからも同様に見られる。

したがって、遮光膜101直下にパターン幅Wのパターン形成を行う際の近接場露光マスクの最大開口幅Dmaxは、パターンのピッチP、幅W、高さTを用いて、(1)のように設定される。

【0019】

ここで、像形成層は、開口からの近接場によって反応が起こり、その反応を利用したパターン作製後のプロセスに耐えられるものなら何でも良いが、汎用性の点から、フォトレジストが好ましい。

Tの値は、パターン作製後のプロセス、より具体的には、加工対象基板エッチングの際のエッチング耐性、リフトオフの際の蒸着物形成膜厚等によって決定される。

像形成層のみにて、加工対象基板の加工に耐えうる厚さのパターンが形成できることが好ましいが、その厚さが、 $(P - W) / 2$ 以上必要であるときには、像形成層401と加工対象基板との間にバッファ層を用意する。このバッファ層とは、例えば表面イメージング法（多層レジスト法、表層シリル化法など）を用いる場合の、ハードベーク、非シリル化など、像形成層とは物性が異なるよう処理がされ、あるいは未処理のレジスト層や、酸化膜層、金属層である。バッファ層

は、1層でもそれ以上でも良い。像形成層401に近接場露光にて作製されたパターンを、ドライエッチング等の方法を用いてバッファ層に転写することにより、加工対象基板の加工に耐えうる厚さのものを形成することができる。

【0020】

開口幅DがDmaxとなる値はプロセス余裕度が0となる値である。プロセス余裕度が0ということは、パターン形成時の露光現像条件や、パターン形成後のエッチングや蒸着などのプロセス条件のマージンが0ということである。マージンが0では、実際にパターンを作製し、その後の加工対象基板の加工を行うことが非常に困難となる。

したがって、プロセス余裕度を考慮し、開口幅Dの値は、(2)式のように、Dmax未満とすることがより好ましい。

$$D = P - W - 2T(1 + \alpha) \quad (2)$$

ここで、 α はプロセス余裕度である。より具体的には、基板や下層レジストエッチングの際のエッチング耐性に余裕を持たせた膜厚の増分、リフトオフ時の蒸着物膜厚増分、像形成層現像時の全体的な膜厚溶解分、像形成層現像時の基板平面と平行方向への溶解分などである。

α の値はプロセスによって大きく異なるが、 $0 < \alpha \leq 4$ の値を採ることが多い。 α の値次第で(2)式が負の値を採るときには、上述のように像形成層と加工対象基板との間にバッファ層を設けて、実質的な像形成層の α とTの値を小さくすることで、実効的な正の値を持つ開口幅Dを設定する。

【0021】

これらの値の関係図を図4に示す。図4中 α_p とは、 $0 \leq \alpha_p \leq \alpha$ で規定される値である。 α はプロセス余裕度と定義したが、上述のようにこれには膜厚方向の余裕度のみではなく、マスク面方向の余裕度も含まれている。よって、 α の膜厚方向のみの成分 α_p 分がパターン高さTに加わることになる。

【0022】

上記のようにして設計された、開口パターンのピッチがP、開口幅がDの近接場露光マスクを作製し、これを用いて近接場露光、現像を行うことにより、微細パターンを作製する。以下に、その詳細について述べる。

図5に本発明の実施の形態における近接場露光マスクの概略を示す。

近接場露光マスク1は、遮光膜101、マスク母材102、マスク支持体103から構成する。露光に寄与する実効的な近接場露光マスクとなる薄膜部104が、遮光膜101、マスク母材102をマスク支持体103が支持することで形成される。遮光膜101は、例えばCr、Al、Au、Taなど後述する露光光に対して透過率の低い材料を用いる。

【0023】

マスク母材102には、遮光膜101とは性質が異なる、例えばSiN、SiO₂、SiCなど後述する露光光に対して透過率を有する材料を用いる。遮光膜101面内には、微細なスリット状、孔状の形状で開口部105がある。開口部は、遮光膜101とマスク母材102のみで構成されている薄膜部104に形成してある。この開口部は、後述するがマスク裏面（図1中では紙面上方）から、露光光を照射してマスク前面に近接場を発生させるため形成する。

この近接場露光マスク微小開口パターンのピッチや開口幅は、上記のように設計されたP、Dの値となるように作製する。

開口パターンの形成には、FIB、EB、X線、SPM等の加工機や、ナノインプリント法、近接場露光法による微細パターン作製方法を用いる。

【0024】

次に、上述した露光マスク1を用いて露光を行う例示的な露光装置2を用いて、微細パターンを作製する方法について説明する。

ここで、図6は、本実施の形態における露光装置2の概略を示す断面図である。図6に示すように、露光装置2は、光源部200と、コリメータレンズ300と、露光マスク100と被露光物400と、圧力調整装置500とを有する。

露光装置2の主な構成部について説明すると、露光装置2は、被露光物400の全面に対応する露光マスク100を用いることにより、露光マスク100に描かれた所定のパターンを被露光物400に等倍一括露光するように構成されている。

本実施の形態においては、被露光物400よりも小さな露光マスク100を使用して被露光物400の一部分に対する露光を被露光物400の位置を変えて繰

り返し行うステップアンドリピート露光方式や、ステップアンドスキャン露光方式など様々な露光方法にも適用することができる。

【0025】

ここで、「ステップアンドスキャン露光方式」とは、1ないし複数チップ領域を1ショット領域として1ショット分の露光マスク100を被露光物400の1つのショット領域に相對させ、露光マスク100と被露光物400に対して露光光を連続的に相對スキャンさせて露光マスク100のパターンを被露光物に露光すると共に、1ショットの露光終了後被露光物400をステップ移動させて、露光マスク100に被露光物400上の次のショット領域が相對する様に移動させて前述走査露光を繰り返す投影露光法をいう。

【0026】

また、ステップアンドリピート露光方式とは、被露光物400のショットの一括露光終了ごとに被露光物400をステップ移動させて次のショットの露光領域（即ち露光マスク100と相對する位置）に移動させて前述一括露光を繰り返す投影露光方法をいう。

本実施の形態において、ステップアンドスキャン露光方式や、ステップアンドリピート露光方式を実行する際には、ステップ移動毎に移動前に被露光物400からのマスクの剝離動作とステップ移動後の被露光物400へのマスクの密着動作を行う必要がある。

【0027】

光源部200は、転写用の回路パターンが形成された露光マスク100を照明する照明光を生成する機能を有し、例えば、光源として紫外光を射出する水銀ランプを使用する。ランプの種類は水銀ランプに限定されず、キセノンランプ、重水素ランプなどを使用してもよいし、光源の個数も限定されない。

また、光源部100に使用可能な光源はランプに限定されず、1つ又は複数のレーザーを使用することができる。例えば、紫外光又は軟X線を出射するレーザーを使用する、波長約193nmのArFエキシマレーザー、波長約248nmのKrFエキシマレーザー、波長約153nmのF₂エキシマレーザーなどを使用することができ、また、レーザーの種類はエキシマレーザーに限定されず、例

例えば、YAGレーザーを使用してもよいし、そのレーザーの個数も限定されない。

【0028】

コリメータレンズ300は、光源200から射出される照明光を平行光に変換して圧力調整装置500の与圧容器510内に導入し、露光マスク100全面、もしくは露光を行いたい部分に均一な光強度で照射する。

露光マスク100は、図5を用いて上述したように遮光膜101、マスク母材102、マスク支持体103から構成されており、遮光膜101とマスク母材102から弾性変形可能な薄膜104が構成される。露光マスク100は、近接場光を利用して薄膜104の微小開口105により定義されたパターンを像形成層401に等倍転写する（ここでの等倍転写とは、正確な等倍ではなく、縮小投影での転写と異なることを強調している）。

露光マスク100は、図6における下側の面が取り付けられたマスク前面であり、遮光膜101が、圧力調整装置500の与圧容器510の外側に配置されている。また、薄膜104は、像形成層401の表面の微細な凹凸や被露光物400のうねりに密着性よく弾性変形する。

【0029】

被露光物400は、ウエハ等の加工対象基板とそれに塗布された像形成層401から構成され、ステージ450上に取り付けられている。

像形成層401は、通常フォトリソグラフィーで用いられるフォトレジストを使用することが好ましい。レジストはコントラスト値の大きいものを用いることがより好ましい。この膜厚は、上述の厚さTとする。像形成層401の塗布工程は、前処理とレジスト塗布処理とプリベーク処理とを含む。

【0030】

加工対象基板は、Si、GaAs、InP等の半導体基板や、ガラス、石英、BN等の絶縁性基板、または、これらの基板上に金属、酸化物、窒化物等を成膜したものなど、広い範囲のものを使用することができる。但し、露光マスク100と露光領域全域にわたって望ましくは10nm以下、少なくとも100nm以下の間隔になるよう密着されることが必要であるため、基板402にはなるべく

平坦なものを選択する必要がある。

像形成層 401 と露光マスク 100 は、露光時には、上述したように近接場光を利用して露光を行うため、露光マスク前面と像形成層 401 とを相対的に約 100 nm 以下の距離にまで近づける。

【0031】

ステージ 450 は図示しない外部装置により駆動されて、被露光物 400 を露光マスク 100 に対して 2 次元のかつ相対的に位置合わせすると共に被露光物 400 を図 3 において上下移動する。

本実施の形態のステージ 450 は被露光物 400 を図示しない着脱位置と図 3 に示す露光位置との間で移動する。着脱位置において露光前の新しい被露光物 400 がステージ 450 に装着されると共に露光後の被露光物 400 が取り外される。

【0032】

圧力調整装置 500 は、露光マスク 100 と被露光物 400、より特定的には、薄膜部 104 と像形成層 401 との良好な密着及び分離を容易にしている。露光マスク 100 の表面と像形成層 401 の表面がともに完全に平坦であれば、両者を接触することによって全面に亘って両者を密着させることができる。

しかし実際には、露光マスク 100 の表面や像形成層 401 や基板 402 の表面には凹凸やうねりが存在するので、両者を近づけて接触するだけでは密着部分と非密着部分が混在することになってしまう。非密着部分では露光マスク 100 と被露光物 400 とは近接場光が働く距離の範囲内に配置されていないため、これでは露光むらが生じる。

【0033】

そこで、本実施の形態に用いた露光装置 2 は、圧力調整装置 500 は、与圧容器 510 と、ガラスなどから構成される光透過窓 520 と、圧力調整手段 530 と、圧力調節弁 540 とを有する。

与圧容器 510 は光透過窓 520 と露光マスク 100 と圧力調節弁 540 によって機密性が維持される。与圧容器 510 は圧力調整弁 540 を通して圧力調整手段 530 に接続され、与圧容器 510 内の圧力を調整することができるように

構成されている。圧力調整手段 530 は、例えば、高圧ガスポンプからなり、圧力調節弁 540 を介して与圧容器 510 内の圧力を上げることができる。

また、圧力調整手段 530 は、図示しない排気ポンプを含み、図示しない圧力調節弁を介して与圧容器 510 内の圧力を下げることができる。

【0034】

薄膜と像形成層 401 との密着は、与圧容器 510 内の圧力を調整することによって調整される。露光マスク 100 面や像形成層 401 や基板 402 面の凹凸やうねりがやや大きいときには与圧容器 510 内の圧力を高めに設定して密着力を増大させ、凹凸やうねりによる露光マスク 100 面と像形成層 401 と基板 402 面との間隔のばらつきをなくすることができる。

【0035】

代替的に、露光マスク 100 の表面側及び像形成層 401 と基板 402 側を減圧容器 510 内に配置してもよい。この場合には、減圧容器内より高い外気圧との圧力差により露光マスク 100 の裏面側から表面側に圧力がかかり、露光マスク 100 と像形成層 401 との密着性を高めることができる。いずれにしても、露光マスク 100 の表面側よりも裏面側が高い圧力となるように圧力差が設けられる。露光マスク 100 面や像形成層 401 や基板 402 面の凹凸やうねりがやや大きいときには、減圧容器内の圧力を低めに設定して密着力を増大させ、マスク面とレジストと基板面の間隔のばらつきをなくすることができる。

【0036】

更に他の代替的な実施例においては、与圧容器 510 の内部を露光光 E L に対して透明な液体で満たし、図示しないシリンダーを用いて与圧容器 510 内部の液体の圧力を調整するようにしてもよい。

【0037】

つぎに、露光装置 2 を用いた露光の手順について説明する。

露光に際しては、ステージ 450 が被露光物 400 を露光マスク 100 に対して 2 次元的にかつ相対的に位置合わせする。

位置合わせが完了すると、露光マスク 100 の表面側と像形成層 401 の表面の間隔が像形成層 401 の全面に亘って、薄膜 104 が弾性変形すれば 100 nm

m以下となって密着する範囲まで、ステージ450は被露光物400をマスク面の法線方向に沿って駆動する。

【0038】

次いで、露光マスク100と被露光物400とが密着される。具体的には、圧力調節弁540が開口して圧力調整手段530が高压ガスを与圧容器510に導入して与圧容器510の内部圧力を上げた後に圧力調節弁540が閉口する。

与圧容器510の内部圧力が高められると、薄膜104が弾性変形して像形成層401に押し付けられる。

この結果、薄膜104が、像形成層401に対して近接場光が働く範囲内で、全面に亘って均一な圧力で、密着する。このような方法で圧力の印加を行うと、パスカルの原理により、薄膜104と像形成層401との間に作用する斥力が均一になり、薄膜104や像形成層401に局所的に大きな力が加わったりすることがなく、露光マスク100や被露光物400が局所的に破損することがなくなる。

【0039】

この状態で露光がなされる。即ち、光源部200から出射されてコリメータレンズ300により平行にされた露光光が、ガラス窓520を通して与圧容器510内に導入される。導入された光は、与圧容器510内に配置された露光マスク100を裏面側から表面側に、即ち、図3における上側から下側に透過し、薄膜104の微小開口によって定義されたパターンから滲み出す近接場光になる。

近接場光は像形成層401中で散乱し、像形成層401を露光する。像形成層401の膜厚が十分薄ければ像形成層401中の近接場光の散乱もあまり広がらず、露光光の波長より小さい微小開口に応じたパターンを像形成層401に転写することができる。

【0040】

露光後、図示しない弁を開き、圧力調整手段530の図示しない排気ポンプから与圧容器510内部を排気して与圧容器510の圧力を下げ、薄膜104を像形成層401から弾性変形により分離（又は剥離）する。

このような方法で減圧を行うと、パスカルの原理により、薄膜104と像形成

層 401 との間に作用する斥力が均一になり、薄膜 104 や像形成層 401 に局所的に大きな力が加わったりすることがなく、露光マスク 100 や被露光物 400 が局所的に破損することがなくなる。

その後、被露光物 400 はステージ 450 によって着脱位置に移動されて新しい被露光物 400 に交換されて、同様なプロセスが繰り返される。

【0041】

ここで、露光量の設定は以下のように行う。

上記のように定められた近接場露光マスクを用いたときの電場分布がシミュレーションにより求められ、更に、使用像形成層の露光量に対する現像後の残存膜厚の関係、つまりレジストの溶解度曲線がわかっている時には、これらから所望のピッチ P、パターン幅 W が得られるよう、露光量と現像条件を決定する。

より具体的には、まず、シミュレーション結果より、近接場露光マスクへの入射光強度を 1 としたときの、所望のパターン幅が得られるところの等電場線を読み取る。これを x とする。また、レジストの溶解度曲線より、規格化された残存膜厚が 0.5 となる露光量を読みとる。これを I とする。

【0042】

例えば、図 7 にあるレジストの溶解度曲線を示す。使用レジストがネガ型レジストであれば、上記値は感度と同じ値になる。ポジ型であれば、上記値は、図 7 中斜め矢印にて指し示した値となる。

近接場露光マスクへの入射光強度を J とすると、

$$I = x J t \quad (5)$$

となる J と t が、入射光強度と露光時間として設定される。つまり、 $J t$ が露光量として設定される。

【0043】

一例として、図 4 を用いて更に具体的に説明する。

まず、所望のパターン幅が得られるところの等電場線 800 を選択する。この等電場線 800 において、シミュレーション結果よりその強度は、入射強度を 1 とすると 0.5 であった。また、使用レジストの溶解度曲線より、規格化された残存膜厚が 0.5 となる露光量は、 $220 \text{ mJ} / \text{cm}^2$ であった。入射強度として

200 mW/cm²の光を使用する場合は、(5) 式より、

$$200 = 0.5 \times 200 \times t$$

となり、4 s の露光時間、800 mJ/cm²の露光量が算出できる。

【0044】

シミュレーションは、すでにピッチと開口幅が定められている近接場露光マスクについてのみ、つまり一つの条件のみ行えばよく、さらにプロセスの条件だしに必要なパラメータが非常に少なくなるので、所望のパターンが与えられてから実際に作製するまでの時間がより短縮される。

また、すでにピッチと開口幅が定められている近接場露光マスクについて、シミュレーションを行わなくても露光量と現像条件を変えたときの形成パターンから、所望のパターン幅Wが得られる露光量、現像条件を定めることも可能である。

【0045】

近接場露光マスク設計において、様々なパラメータにおける複雑なシミュレーションを繰り返す必要がないので、マスク設計にかかる時間が非常に短縮された。

上記のようにして潜像が形成されたレジストを現像することにより、所望の大きさの微細レジストパターンを作製する。さらに目的に応じて、ドライエッチング、ウェットエッチング、リフトオフなどの基板への加工や、下層レジストへの転写が行われる。

【0046】

ここでは、上記のようにして開口幅Dを設計、作製された近接場露光マスクから、所望のピッチP、パターン幅W、パターン高さTのパターンを作製する方法について述べているが、上記露光量を調整する、使用レジストを変更する、現像条件を変更するなどの方法により、以下の式を満たす、パターン幅W' とパターン高さT' のうちどちらか一方または両方がW、Tと異なるパターンを作製することも可能である。

$$W' + 2T' \leq P - D \quad (6)$$

例えば、上記方法と比較して露光量を増加させる、使用レジストの感度を増加

させる、現像時間を増加させる、という方法のいずれか一つまたは2つ以上を行うことにより、パターン高さが同じ、つまり $T = T'$ でも、パターン幅 W' が、 $W' < W$ となるパターンを得ることができる。

また、 $T' < T$ となる像形成層高さを選択し、露光量を現象させる、使用レジストの感度を低下させる、現像時間を減少させる、という方法のいずれか一つまたは2つ以上を行うことにより、パターン幅 W' が、 $W' > W$ となるパターンを得ることができる。

【0047】

図8を用いて上記一例について更に詳細に説明する。所望のパターン高さ T' が T と同じであるときに、図8中の等電場線 800 (図1において、太線で表していた) よりも外側の等電場線 801 (図8において太線で表している) を選択する。

この等電場線 801 にてパターンが作製できるよう、上述のように露光量と現像条件を設定する。用いる像形成層 401 の材料が同じである場合には、例えば露光量の増加によって、すでに形成してあるピッチ P 、開口幅 D_{max} のマスクから、 $W' < W$ という関係を満たす、 W とは異なるパターン幅 W' を有するパターンが形成できる。このとき、 W' 、 T' ($=T$) は(6)式を満たしている。

【0048】

【発明の効果】

本発明によれば、複雑で、長時間を要するシミュレーションを行うことなく、近接場特有の電場分布が考慮されたマスク構成が容易に作製可能となる近接場露光マスク、近接場露光マスクの作製方法、および近接場露光方法を実現することができる。これにより、近接場露光マスクの設計、作製を効率よく作製することができ、特に、露光に用いる光の波長以下の微細な所望のパターンの作製に際して、スループットをより向上させることができ、コストの低廉化を図ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明を説明するための同心円モデルによって近接場露光マスクの開口幅の最

大値を求める図。

【図 2】

本発明を説明するための開口近傍の電場強度を表すシミュレーション結果を示す図。

【図 3】

本発明を説明するための開口近傍の電場強度を表すシミュレーション結果と同心円モデルを表す図。

【図 4】

本発明の実施の形態における同心円モデルによって近接場露光マスクの開口幅を求める図。

【図 5】

本発明の実施の形態における近接場露光マスクの概略を示す断面図。

【図 6】

本発明の実施の形態における近接場露光装置の概略を示す断面図。

【図 7】

あるレジストの溶解度曲線を示す図。

【図 8】

本発明の実施の形態における近接場露光によって作製されたパターン幅 W' を示す図。

【符号の説明】

- 1：近接場露光マスク
- 2：露光装置
- 100：近接場露光マスク
- 101：遮光膜
- 102：マスク母材
- 103：マスク支持体
- 104：薄膜部
- 105：開口
- 200：光源

3 0 0 : コリメータレンズ

4 0 0 : 被露光物

4 0 1 : 像形成層

4 0 2 : 加工対象基板

4 5 0 : ステージ

5 0 0 : 圧力調整装置

6 0 0 : 同心円モデル

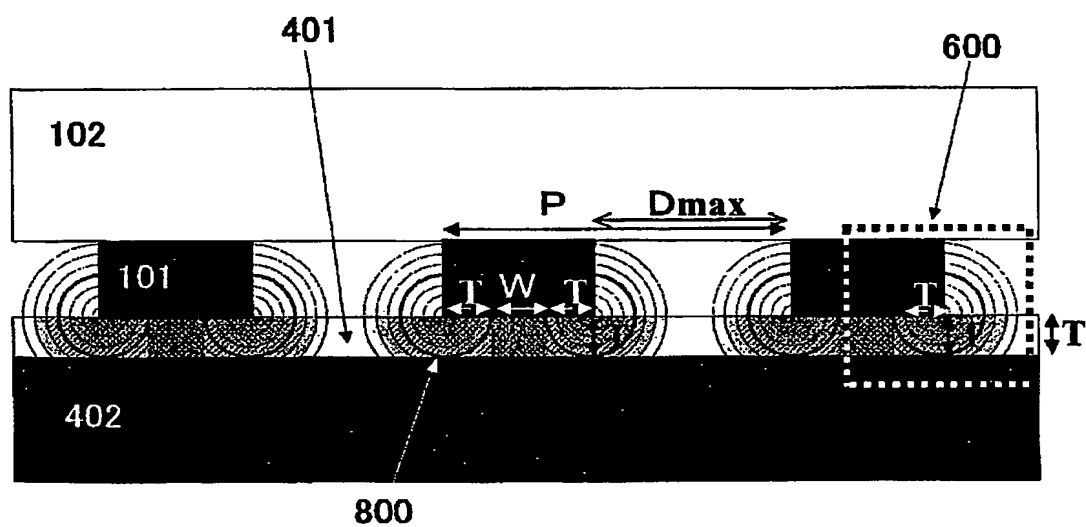
6 0 1 : 遮光膜エッジ部分近傍と、エッジ部分から遮光膜下の部分

8 0 0、8 0 1 : 等電場線

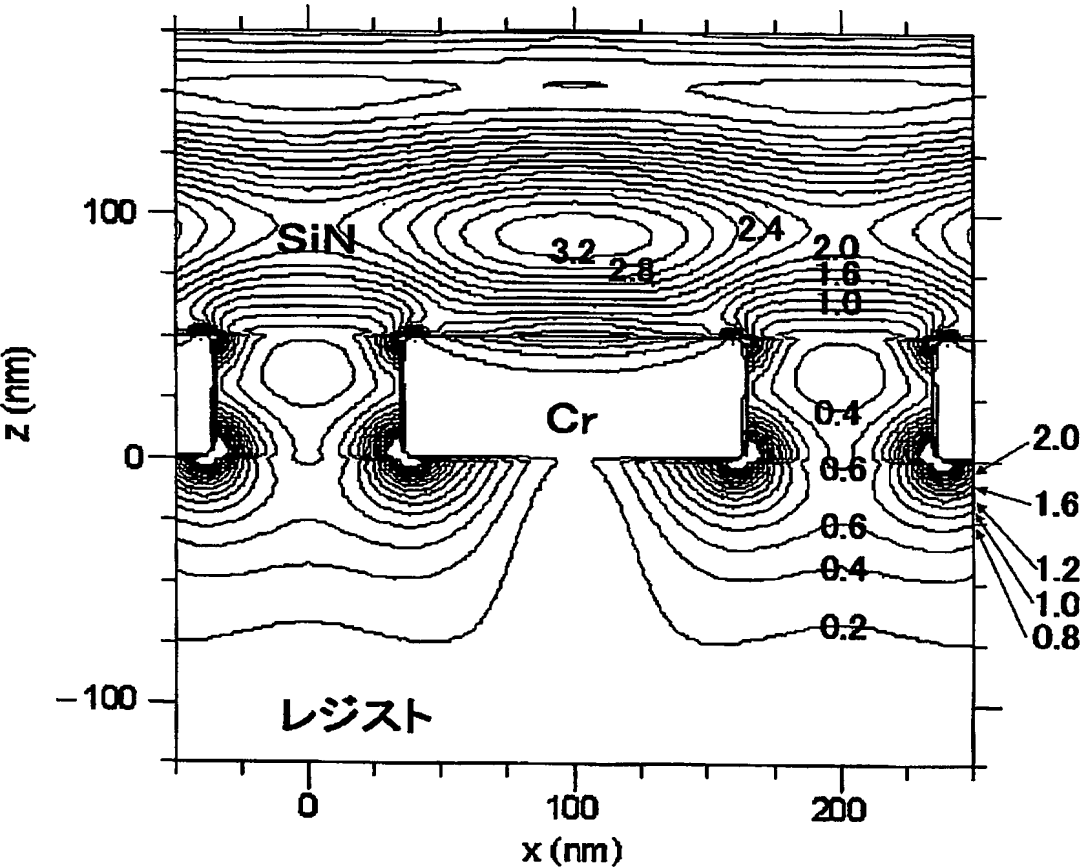
【書類名】

図面

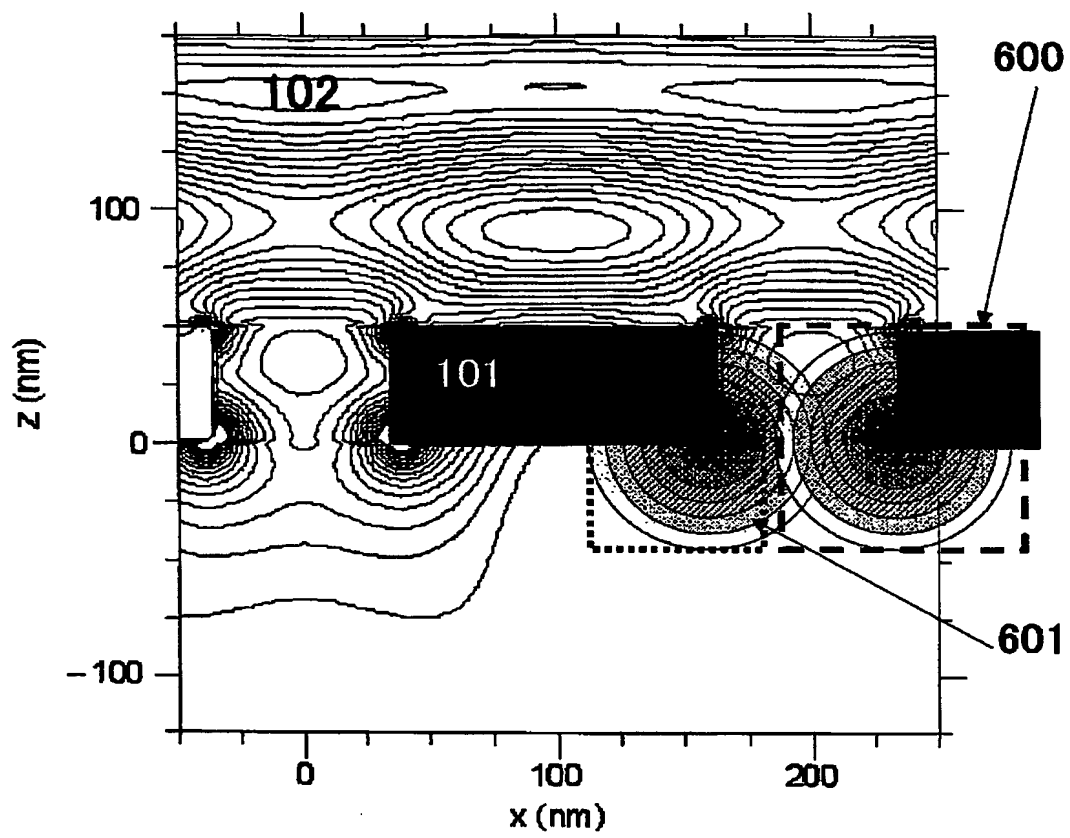
【図 1】



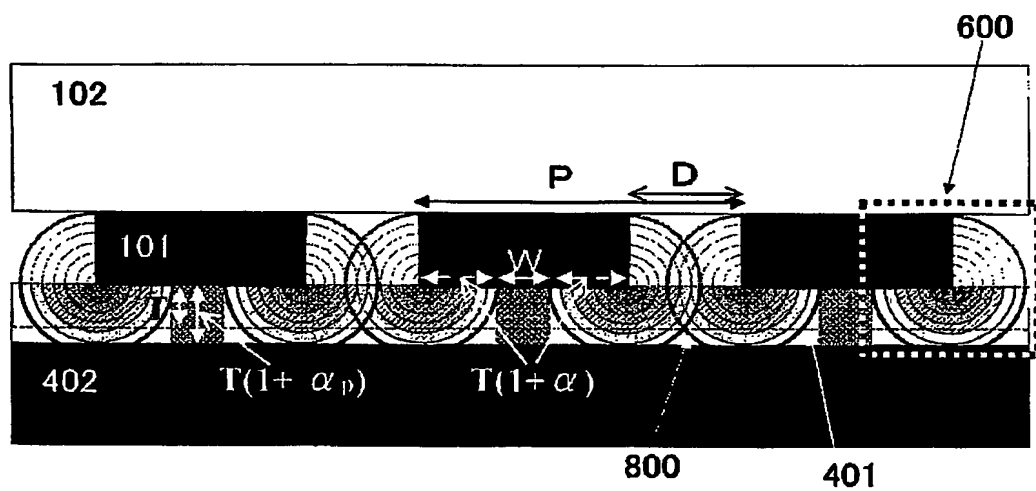
【図 2】



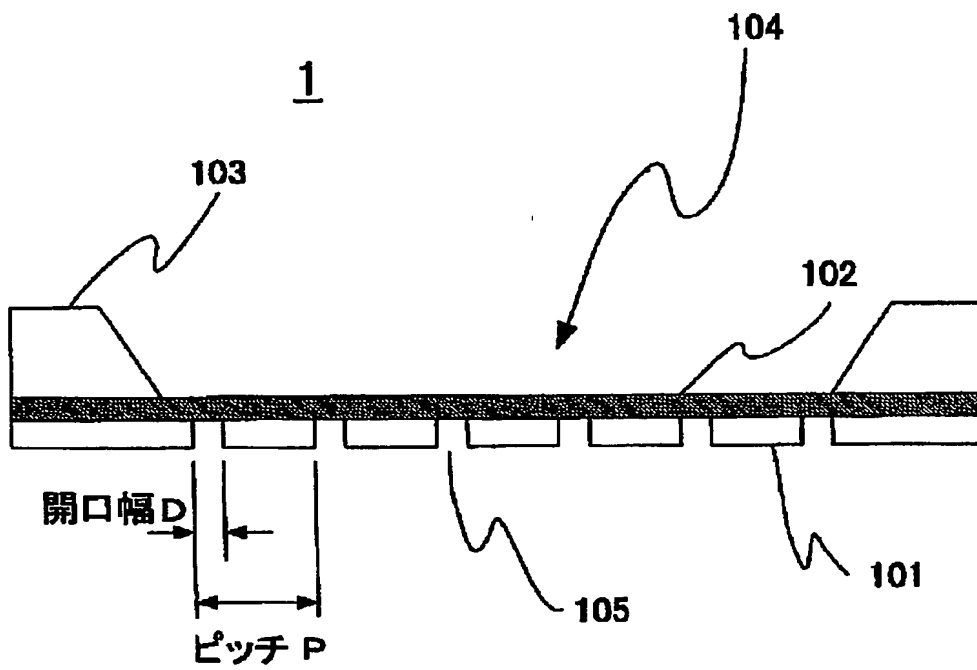
【図 3】



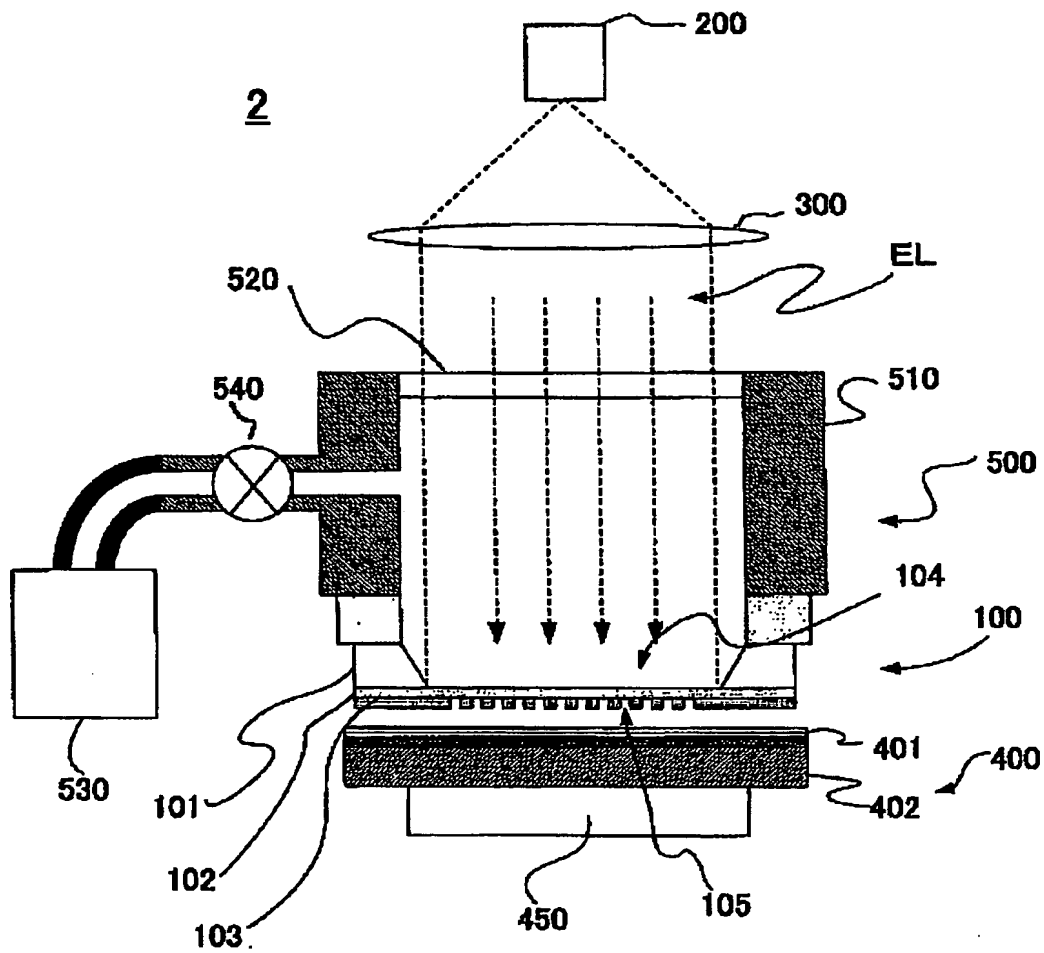
【図 4】



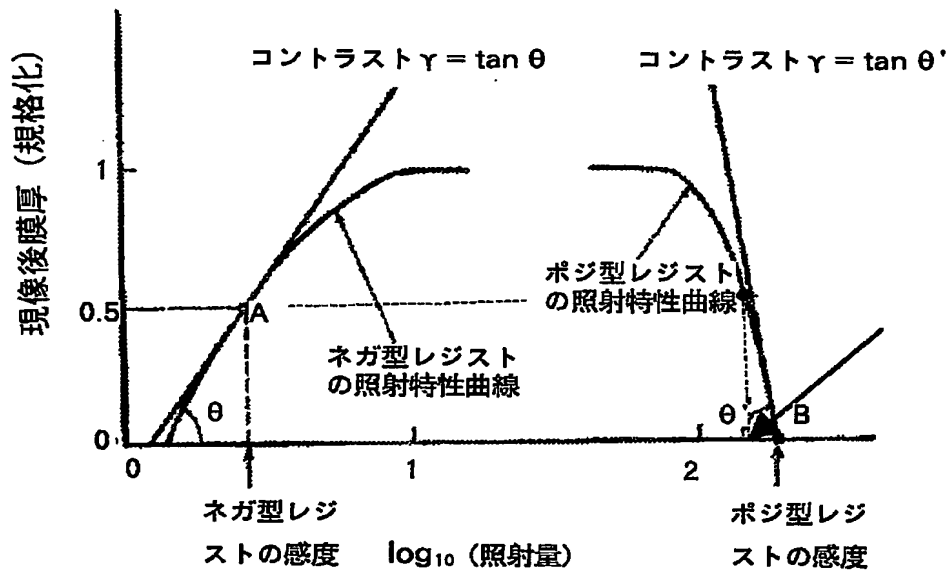
【図 5】



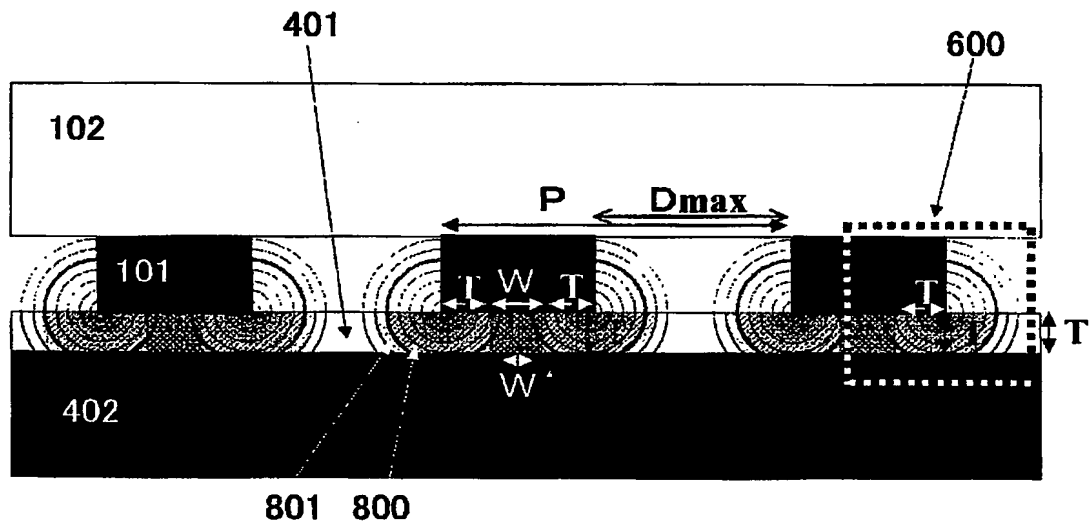
【図 6】



【図 7】



【図 8】



【書類名】

要約書

【要約】

【課題】複雑で、長時間を要するシミュレーションを行うことなく、近接場特有の電場分布が考慮されたマスク構成が容易に作製可能となる近接場露光マスク、近接場露光マスクの作製方法、および近接場露光方法を提供する。

【解決手段】近接場露光マスクにおいて、所望する露光パターンのピッチ P 、線幅 W 、高さ T から決定された、前記近接場光が出射される開口近傍での電場分布と近似する電場分布を得ることができるマスク開口幅（例えば D_{max} ）を有する構成とする。

【選択図】

図 1

特願 2 0 0 3 - 1 8 2 0 4 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 1 0 0 7]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 3 0 日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都大田区下丸子 3 丁目 3 0 番 2 号

氏 名

キャノン株式会社

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.